

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 741 524

(21) N° d'enregistrement national :

95 14593

(51) Int Cl<sup>8</sup> : A 61 C 19/04, 5/02, A 61 B 5/02

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.11.95.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 30.05.97 Bulletin 97/22.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : XELYX SOCIETE A  
RESPONSABILITE LIMITEE — FR.

(72) Inventeur(s) : HERAUD ROGER.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : CABINET THEBAULT SA.

(54) PROCEDE ET DISPOSITIF PERFECTIONNE DE LOCALISATION DE L'APEX D'UNE DENT, AU MOYEN D'UN  
SIGNAL RECTANGULAIRE.

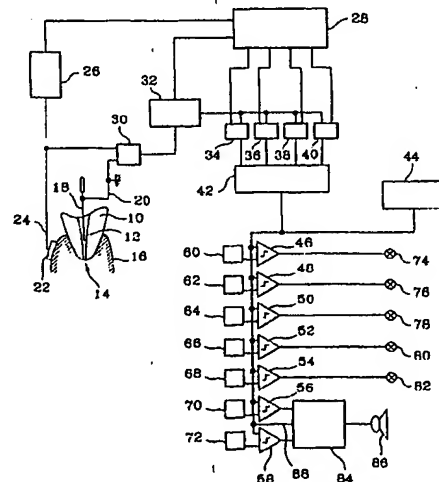
(57) L'objet de l'invention est un procédé de localisation de  
l'apex (14) d'un canal radiculaire (12) d'une dent (10), au  
moyen de la mesure des variations d'impédance entre une  
lime formant première électrode (18) insérée dans le canal  
radiculaire et une seconde électrode (22) disposée dans la  
bouche, caractérisé en ce que:

- on applique aux bornes des électrodes (18, 22) un si-  
gnal sensiblement rectangulaire de fréquence déterminée;
- on effectue trois mesures sur une alternance donnée;
- on procède au calcul:

$$M = \frac{D - C - K_1}{B + K_2} ; \text{ où }$$

$K_1$  et  $K_2$  sont des constantes connues;

- on traite le résultat du calcul afin de le linéariser et de le  
convertir en une distance qui représente la distance sépa-  
rant l'extrémité distale de la lime (18) de l'apex (14).



FR 2 741 524 - A1



**PROCEDE ET DISPOSITIF PERFECTIONNE DE LOCALISATION DE L'APEX  
D'UNE DENT, AU MOYEN D'UN SIGNAL RECTANGULAIRE**

La présente invention se rapporte à un procédé et à un dispositif de localisation de l'apex d'une dent. Plus précisément, elle vise un procédé et un dispositif de mesure en temps réel de la distance entre l'extrémité distale d'une électrode insérée dans un canal radiculaire d'une dent et l'apex dudit canal, cette mesure étant insensible à la présence dans ledit canal de sang, de pus, d'antiseptiques ou analogues.

La localisation de l'apex est très importante lors du traitement d'un canal radiculaire, car le succès du traitement dépend de l'enlèvement total des tissus pulpaire.

10 A cet effet, le dentiste utilise une lime endo-canaulaire métallique qu'il glisse dans le racine et, par des mouvements de va et vient, gratte les parois du canal afin de le dépulper, tout en descendant progressivement de plus en plus profondément dans la racine, jusqu'à l'apex.

Sauf dans certains cas particuliers où le percement de l'apex est provoqué volontairement par le dentiste, il ne faut, en règle générale, surtout pas dépasser l'apex, au risque de causer des désagréments pour le patient et de provoquer un abcès. Il est donc important de pouvoir localiser précisément l'apex d'une racine de dent.

Dans ce but, divers procédés sont utilisés, dont ceux décrits dans le document WO 95/13032 auquel on pourra avantageusement se reporter.

Il existe encore d'autres procédés, basés sur des mesures à deux fréquences différentes de l'impédance entre une lime formant électrode insérée dans le canal radiculaire et une électrode disposée dans la bouche du patient, parmi lesquels celui décrit dans le document US-A-5.096.419. Ce procédé consiste à appliquer aux bornes des électrodes des signaux à deux fréquences différentes (par exemple 1kHz et 5kHz) et à effectuer ensuite un ratio sur les mesures obtenues aux deux fréquences différentes, ce ratio permettant de s'affranchir du milieu (sang, hypochlorite...) dans lequel se trouve la lime dans le canal. Ce procédé manque de précision, car la variation des signaux à l'entrée du diviseur sont de plus en plus faibles à l'approche de l'apex, ce qui donne des erreurs lorsque le milieu est relativement isolant tel que lors de la présence d'eau oxygénée.

La présente invention vise un procédé de mesure différent, indépendant du milieu dans le canal, d'une grande précision et permettant d'effectuer des mesures avant et après dépassement de l'apex, si nécessaire.

A cet effet, la présente invention propose un procédé de localisation de l'apex d'un canal radiculaire d'une dent, au moyen de la mesure des variations d'impédance entre une lime formant première électrode insérée dans le canal radiculaire et une seconde électrode disposée dans la bouche, caractérisé en ce que :

- on applique aux bornes des électrodes un signal sensiblement rectangulaire de fréquence déterminée ;
- on effectue trois mesures sur une alternance, une mesure B s'effectuant dans une zone où cette mesure évolue très peu tant que la lime se trouve à distance en amont de l'apex et évolue davantage à proximité immédiate de l'apex, une mesure D s'effectuant sensiblement à la fin de l'alternance, et une mesure C s'effectuant dans l'intervalle compris entre la mesure B et la mesure D ;
- on procède au calcul :

$$M = \frac{D - C - K_1}{B + K_2} ; \text{ où }$$

$K_1$  et  $K_2$  sont des constantes connues ;

- 5           - on traite le résultat du calcul afin de le linéariser et de le convertir en une distance qui représente la distance séparant l'extrémité distale de la lime de l'apex.

De préférence, on effectue une mesure A au début de l'alternance afin de recalculer l'origine, la formule devenant :

$$10 \quad M = \frac{(D - A) - (C - A) - k_1}{(B - A) + k_2} ; \text{ où }$$

$k_1$  et  $k_2$  sont des constantes connues.

Les mesures effectuées sont des mesures de la tension aux bornes des électrodes ou des mesures du courant traversant les électrodes.

- 15           Les mesures sont effectuées sur une alternance positive et/ou sur une alternance négative.

La présente invention propose également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention, comportant une première électrode insérée dans le canal radiculaire et une seconde électrode disposée dans la bouche, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre :

- 20           - des moyens pour appliquer un signal rectangulaire aux bornes des électrodes ;
- des moyens de mesure sur une alternance donnée d'au moins trois valeurs de la tension ;
- des moyens de calcul et de traitement des valeurs mesurées ; et
- 25           - des moyens d'affichage de la distance entre l'extrémité distale de l'électrode insérée dans le canal et l'apex dudit canal.

Avantageusement, les moyens pour appliquer un signal rectangulaire sont constitués par un générateur de courant et les mesures effectuées sont des mesures de la tension aux bornes des électrodes.

- 30           D'autres caractéristiques et avantages ressortiront de la description détaillée qui va suivre du procédé de la présente invention et d'un mode de

réalisation d'un dispositif de mise en oeuvre dudit procédé, description donnée à titre d'exemple uniquement, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- Figure 1 est un schéma d'un mode de réalisation d'un dispositif de mise en oeuvre du procédé de l'invention ;
- 5        - Figure 2 est un graphe illustrant qualitativement la tension appliquée par le séquenceur ;
- Figure 3 est un graphe illustrant qualitativement la tension aux bornes des deux électrodes ;
- Figure 4 est un graphe illustrant qualitativement, sur une  
10        alternance positive, les différentes mesures effectuées.
- Figure 5 est un graphe, similaire à celui de la figure 4, illustrant qualitativement les variations constatées pour différentes distances séparant l'électrode de mesure de l'apex ;
- Figure 6 est un graphe illustrant qualitativement la variation de  
15        deux points de mesure d'impédance en fonction de la distance à l'apex ;
- Figure 7 est un schéma d'un second mode de réalisation d'un dispositif de mise en oeuvre du procédé de l'invention ;

Il faut noter que les graphes décrits ci-dessus donnent simplement une  
20 information qualitative sur les signaux observés, et il ne faut y voir aucune information quantitative.

Sur la figure 1, on a représenté en coupe une dent 10 comportant un canal radiculaire 12 terminé par un apex 14, la gencive et les tissus buccaux environnants étant représentée en 16.

25        Une lime endo-canaulaire 18, représentée à l'aplomb du canal 12, fait office de première électrode reliée à un fil conducteur souple 20, tandis qu'une seconde électrode 22, reliée à un fil conducteur souple 24, est disposée au contact de la gencive 16 du patient.

Dans l'exemple représenté, la lime 18 est, par l'intermédiaire du fil 20,  
30 reliée à la masse, tandis que la seconde électrode 22 est, par l'intermédiaire du fil 24, reliée à un module 26 lui-même relié à un séquenceur 28.

Le séquenceur 28 génère un signal rectangulaire de fréquence et d'amplitude déterminées.

Le module 26 comporte un circuit destiné à limiter l'intensité maximale du courant circulant par la dent du patient et à supprimer la composante  
5 continue aux bornes des électrodes 18, 22. Il peut par exemple s'agir d'un conducteur ohmique de résistance R élevée en série avec un condensateur de capacité C appropriée.

La tension aux bornes des électrodes 18, 22 est mesurée et amplifiée par un amplificateur 30 dont la sortie est reliée à un convertisseur analogique-  
10 numérique 32 synchronisé par le séquenceur 28.

En sortie, le convertisseur 32 est relié à quatre mémoires 34, 36, 38, 40 respectivement synchronisées par le séquenceur 28.

Les mémoires 34, 36, 38, 40 sont reliées à une unité de calcul et de linéarisation 42.

15 La sortie de l'unité 42 est reliée, d'une part, à une unité d'affichage analogique ou numérique 44 et, d'autre part, à sept comparateurs 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58 respectivement reliés à sept mémoires de comparaison 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72.

Les comparateurs 46, 48, 50, 52, 54 sont respectivement reliés à des  
20 voyants lumineux 74, 76, 78, 80, 82, tandis que les comparateurs 56, 58 sont reliés à un modulateur 84 lui-même relié à un émetteur sonore 86. Le modulateur 84 est également relié à la sortie du module 42, par un fil 88.

Le procédé de la présente invention est détaillé ci-dessous en regard du dispositif décrit ci-dessus qui représente un mode de réalisation préférentiel  
25 non limitatif.

Le séquenceur 28 génère un signal rectangulaire de 35 Hz tel que celui représenté sur la figure 2.

La tension aux bornes des électrodes 18, 22 est du type de celle représentée sur la figure 3.

30 Le signal mesuré aux bornes des électrodes 18, 22 a une amplitude qui est liée au milieu dans lequel se trouve l'électrode 18. Entre un milieu

conducteur et un milieu non conducteur, on constate que l'amplitude est plus faible dans un milieu conducteur.

Comme illustré sur la figure 4 qui représente une alternance positive de la tension aux bornes des électrodes 18, 22, on effectue quatre mesures de tension A, B, C, D, respectivement au début de l'alternance, puis à 10  $\mu$ s, 6 ms et 12 ms du début de l'alternance. Ces mesures sont respectivement stockées dans les mémoires 34, 36, 38, 40.

En fait, la mesure A sert uniquement à donner l'origine et on notera par la suite par B, C et D le résultat des calculs respectifs (B - A), (C - A) et (D - A).

On peut noter, sur les figures 5 et 6, que la mesure B évolue très peu tant que la lime se trouve entre 5 mm et 0,5 mm de l'apex et évolue davantage dans la région de l'apex, tandis que la mesure D évolue sensiblement tant que la lime est située loin de l'apex et évolue moins dans la région de l'apex.

L'unité de calcul 42 effectue le calcul suivant :

$$M = \frac{D - C - K_1}{B + K_2} ; \text{ où }$$

- $K_1$  est une constante égale à la différence (D - C) lorsque l'extrémité distale de la lime est à l'apex ; et
- $K_2$  est une autre constante, permettant de rendre le résultat M indépendant du milieu dans lequel se trouve la lime.

$K_1$  et  $K_2$  sont des constantes obtenues expérimentalement : pour obtenir  $K_1$ , on place l'extrémité distale de la lime 18 à l'apex d'une dent, on procède aux mesures indiquées et on effectue le calcul (D - C), le résultat donnant  $K_1$  ; pour obtenir  $K_2$ , on place l'extrémité distale de la lime 18 à une distance connue de l'apex, on effectue les mesures dans un milieu conducteur (hypochlorite) et dans un milieu non conducteur (eau oxygénée), on procède aux mesures, puis, après calcul, on ajuste la valeur  $K_2$  afin d'obtenir dans les deux cas un résultat final qui correspond à l'endroit réel où se trouve l'extrémité distale de la lime 18.

La courbe représentative des variations de M en fonction de la distance séparant l'extrémité distale de la lime 18 à l'apex 14 n'est pas linéaire, mais la

valeur M n'est qu'une fonction de cette distance. Afin d'obtenir un résultat proportionnel à cette distance, l'unité de calcul 42 linéarise la valeur M, puis, par multiplication d'un coefficient approprié, permet d'obtenir un résultat final à l'échelle souhaitée qui représente la distance comprise entre l'extrémité distale de la lime 18 et l'apex 14. La linéarisation ne faisant pas partie de la présente invention et faisant appel à des principes classiques bien connus, notamment en électronique, elle ne sera pas détaillée davantage dans la présente description.

Ce résultat final est affiché sur le module d'affichage 44. Les comparateurs 46, 48, 50, 52, 54, après avoir comparé ce résultat final avec les valeurs de référence en mémoires respectives 60, 62, 64, 66, 68, actionnent le cas échéant les voyants lumineux respectifs 74, 76, 78, 80, 82. Les comparateurs 56, 58 comparent le résultat final avec les valeurs de référence en mémoires respectives 70, 72, et actionnent le cas échéant le modulateur 84 afin de générer un signal sonore approprié.

Par exemple, les voyants 74, 76, 78 80, 82 peuvent s'allumer lorsque l'extrémité distale de la lime se trouve respectivement à moins de 2 mm, 1 mm, 0,5 mm de l'apex, à l'apex, ou au delà de l'apex. Le modulateur sonore 84 peut générer un signal sonore dès que la lime est à moins de 4 mm de l'apex, la fréquence de ce signal augmentant jusqu'à l'apex et le signal sonore étant continu au delà de l'apex. Ceci permet de contrôler de manière visuelle et/ou sonore le rapprochement progressif de la lime 18 vis à vis de l'apex 14.

La figure 7 représente un second mode de réalisation d'un dispositif de mise en oeuvre du procédé de l'invention, les éléments identiques à ceux de la figure 1 portant les mêmes références numériques.

Dans cet exemple, la lime-électrode manuelle 18 a été remplacée par une pièce à main 90 comportant une lime-électrode ultrasonique 92.

Outre les comparateurs 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, l'unité de calcul et de linéarisation 42 est reliée, d'une part, à des comparateurs 94, 96, 98 respectivement reliés à des mémoires 100, 102, 104 et, d'autre part, à un module de transmission série 106.



Les comparateurs 94, 96 sont reliés à un modulateur 108 synchronisé par le séquenceur 28. Comme le modulateur 84, le modulateur 108 est relié à la sortie de l'unité de calcul 42 par un fil 110. La sortie du modulateur 108 est reliée à un commutateur de mode 112 synchronisé par le séquenceur 28.

- 5        Le commutateur de mode 112 est relié à un sélecteur de mode 114 et au comparateur 98. La sortie du commutateur de mode 112 est reliée à un oscillateur ultrasonique 116 comportant des moyens 118 de réglage de la puissance, ledit oscillateur 116 commandant les oscillations de la lime 92.

- 10       Le module de transmission série est relié à un émetteur 120, un récepteur 122 étant relié à un micro-ordinateur 124.

Le sélecteur de mode 114 permet au dentiste de choisir entre différents modes de fonctionnement de la lime ultrasonique 92.

- 15       Par exemple, un mode de fonctionnement automatique permet d'appliquer des vibrations à la lime dès qu'elle entre en contact avec le milieu humide du canal, par comparaison avec la valeur en mémoire 104.

- Un autre mode de fonctionnement actionne les vibrations en marche forcée avant l'insertion de la lime dans le canal, ce qui permet de traiter un canal radiculaire calcifié ne permettant pas le fonctionnement en mode automatique. Ce mode de fonctionnement forcé peut être ou non suivi d'un  
20       retour au mode automatique dès l'obtention d'une mesure normale dans le canal.

- Par un choix approprié des valeurs consignées en mémoire 100, 102, le modulateur 108 peut modifier la puissance des vibrations de la lime 92 dès que cette dernière est à certaines distances prédéterminées de l'apex. Le  
25       modulateur 108 peut également modifier le rapport cyclique de la puissance appliquée en procédant à des arrêts courts et momentanés des vibrations de la lime 92, ce qui permet d'éviter tout risque de blocage de la lime au fond du canal 12.

- Par exemple, avec des valeurs en mémoire 100, 102 correspondant à  
30       des distances de la lime 92 à l'apex 14 respectivement de 2 mm et 0 mm, le régime des vibrations de la lime est constant tant que cette dernière est à plus de 2 mm de l'apex, puis, à partir de 2 mm, le régime se modifie (diminution de

puissance et/ou modification du rapport cyclique), et les vibrations diminuent progressivement jusqu'à s'arrêter lorsque la lime est à l'apex.

Afin de limiter les erreurs de mesures dues notamment à la cavitation du liquide autour de la lime, l'oscillateur 116 peut provoquer des arrêts courts et momentanés des vibrations appliquées à la lime 92, de manière synchronisée avec les mesures effectuées.

Le module de transmission série 106 permet de transmettre le résultat final de la mesure effectuée à un ordinateur programmé pour représenter en temps réel sur un écran la progression de la lime 18 ou 92 dans la dent 10 tout en affichant d'autres paramètres relatifs à l'intervention.

Bien entendu, la présente invention se limite pas aux modes de réalisation décrits et représentés, mais en couvre au contraire toutes les variantes, notamment en ce qui concerne les éléments relatifs à l'exploitation des mesures effectuées.

Par exemple, le nombre de comparateurs et les valeurs consignées dans les mémoires associées peuvent être modifiés en fonction des buts recherchés.

On peut remplacer la pièce à main 90 par un vibreur pneumatique ou un contre-angle d'endodontie.

La résistance R du module 26 étant très supérieure à l'impédance moyenne de la dent, l'ensemble séquenceur 28 - module 26 peut être assimilé à un générateur de courant de forme sensiblement rectangulaire, la mesure effectuée étant la mesure de la tension aux bornes des électrodes 18, 22. On peut bien entendu remplacer cet ensemble par d'autres moyens équivalents qui sont à la portée de l'homme de l'art, par exemple en remplaçant la résistance R de grande valeur par une résistance R' de faible valeur en série avec les électrodes 18, 22 et aux bornes de laquelle on mesure la tension, ce qui permet de mesurer les variations du courant traversant les électrodes.

Les mesures sont effectuées sur une alternance positive, mais elles peuvent également être effectuées sur une alternance négative.

Bien entendu, si l'on n'effectue pas la mesure A, on utilise la même formule que précédemment, mais en remplaçant les constantes  $K_1$  et  $K_2$  par

des constantes  $k_1$  et  $k_2$  de valeurs différentes, mais obtenues de la même manière que décrit ci-dessus.

## REVENDICATIONS

[illegible]

1. Procédé de localisation de l'apex (14) d'un canal radiculaire (12) d'une dent (10), au moyen de la mesure des variations d'impédance entre une lime formant première électrode (18) insérée dans le canal radiculaire et une seconde électrode (22) disposée dans la bouche, caractérisé en ce que :

- 5           - on applique aux bornes des électrodes (18, 22) un signal sensiblement rectangulaire de fréquence déterminée ;
- on effectue trois mesures sur une alternance donnée, une mesure B s'effectuant dans une zone où cette mesure évolue très peu
- 10           tant que la lime se trouve à distance en amont de l'apex et évolue davantage à proximité immédiate de l'apex, une mesure D s'effectuant sensiblement à la fin de l'alternance, et une mesure C s'effectuant dans l'intervalle compris entre la mesure B et la mesure D ;
- on procède au calcul :

15  $M = \frac{D - C - K_1}{B + K_2}$  ; où

$K_1$  et  $K_2$  sont des constantes connues ;

- 20 - on traite le résultat du calcul afin de le linéariser et de le convertir en une distance qui représente la distance séparant l'extrémité distale de la lime (18) de l'apex (14).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on effectue une mesure A au début de l'alternance afin de recalibrer l'origine, la formule devenant :

$$M = \frac{(D - A) - (C - A) - k_1}{(B - A) + k_2} ; \text{ où}$$

$k_1$  et  $k_2$  sont des constantes connues.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les mesures effectuées sont des mesures de la tension aux bornes des électrodes.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les mesures effectuées sont des mesures du courant traversant les électrodes.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les mesures sont effectuées sur une alternance positive.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les mesures de la tension sont effectuées sur une alternance négative.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le signal appliqué a une fréquence sensiblement égale à  
10 35 Hz, en ce que l'on effectue les mesures B, C, D respectivement à sensiblement 10  $\mu$ s, 6 ms et 12 ms du début de l'alternance.

8. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant une première électrode (18) insérée dans le canal radiculaire (12) et une seconde électrode (22) disposée  
15 dans la bouche, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre :

- des moyens pour appliquer un signal rectangulaire aux bornes des électrodes (18, 22) ;
- des moyens de mesure sur une alternance donnée d'au moins trois valeurs de la tension ;
- 20 - des moyens de calcul et de traitement des valeurs mesurées ; et
- des moyens d'affichage de la distance entre l'extrémité distale de l'électrode insérée dans le canal et l'apex dudit canal.

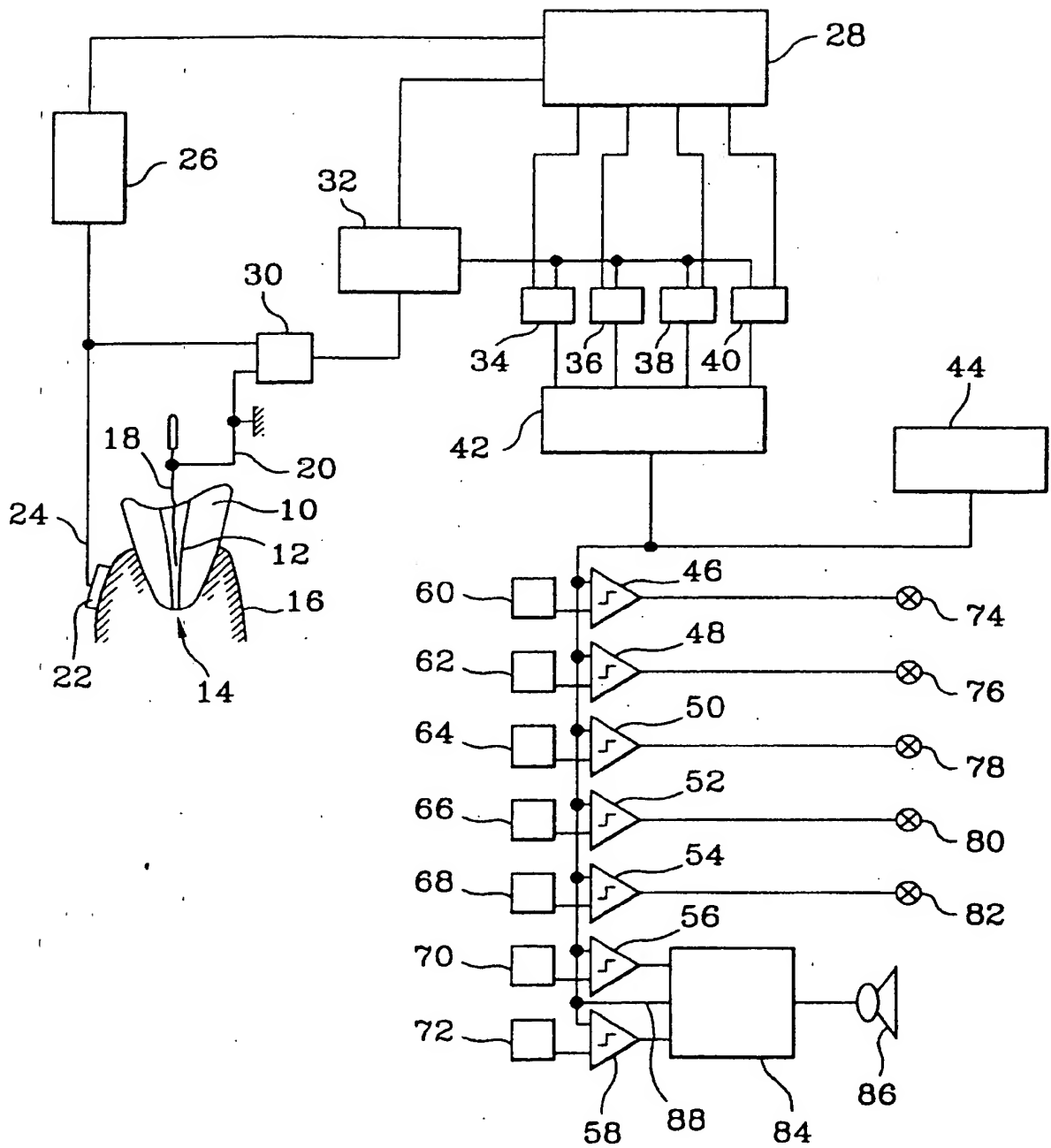
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens pour appliquer un signal rectangulaire sont constitués par un générateur de  
25 courant et en ce que les mesures de la tension sont effectuées aux bornes des électrodes (18, 22).

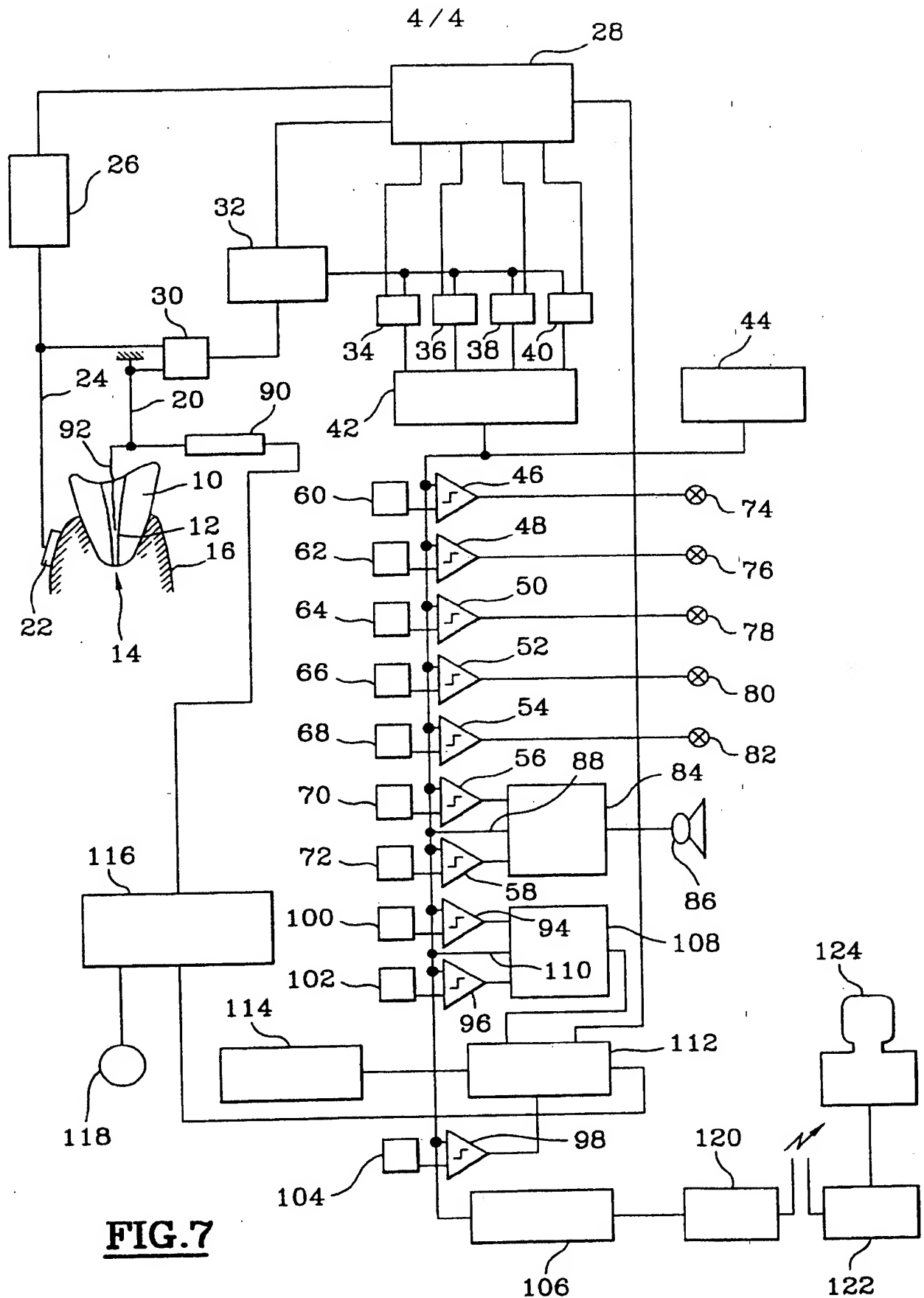
10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que les moyens d'affichage comportent une unité d'affichage numérique ou analogique.

30 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que les moyens d'affichage comportent au moins un

comparateur délivrant un signal lumineux ou sonore lorsqu'une valeur en consigne est atteinte.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, des moyens faisant varier la
- 5 puissance et/ou le rapport cyclique des vibrations d'une lime ultrasonique faisant office d'électrode insérée dans le canal de la dent.

**FIG. 1**





**INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE**

# RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2741524

N° d'enregistrement  
national

FA 521913  
FR 9514593

[illegible]

THIS PAGE BLANK (USPTO)